

27. 1. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 1月29日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-020126
[ST. 10/C]: [JP2003-020126]

出 願 人
Applicant(s): 株式会社荏原製作所
株式会社東芝

REC'D 29 APR 2004

WIPO

PCT

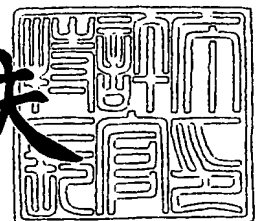
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 021167

【提出日】 平成15年 1月29日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 23/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
 内

 【氏名】 渡辺 賢治

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
 内

 【氏名】 平林 芳尚

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
 内

 【氏名】 佐竹 徹

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 長濱 一郎太

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 山崎 裕一郎

【特許出願人】

 【識別番号】 000000239

 【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社東芝

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100092967

【弁理士】

【氏名又は名称】 星野 修

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0201070

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子ビーム装置、試料評価方法及び半導体デバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料室内に配置された試料表面に一次電子ビームを照射し、試料表面からの二次電子ビームに基き試料表面の評価を行う電子ビーム装置であって、試料表面を均一に覆うようにガスを供給する手段を有し、試料表面とガスとの接触により試料表面のチャージアップを低減することを特徴とする電子ビーム装置。

【請求項 2】 試料が試料室内に設定されたステージ上に載置され、前記ガスを供給する手段は、前記ステージ上に載置された試料を覆うカバーを有し、該カバーには少なくとも 1 つのガス導入口が設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の電子ビーム装置。

【請求項 3】 一次電子ビームを発生するための一次電子源とは別に設けられ、前記試料表面を電子照射する電子源を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電子ビーム装置。

【請求項 4】 前記一次電子源とは別に設けられる前記電子源が、前記試料を 2 ～ 4 k e V の電子エネルギーで電子照射するようにしたことを特徴とする請求項 3 に記載の電子ビーム装置。

【請求項 5】 前記一次電子源とは別に設けられる電子源を、カーボンナノチューブ型の冷陰極電子源としたことを特徴とする請求項 3 若しくは 4 に記載の電子ビーム装置。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の電子ビーム装置を用いて、プロセス途中のウエハ評価を行うことを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【請求項 7】 一次電子ビームを試料表面に照射して、試料表面からの二次電子ビームに基き試料表面の評価を行う試料評価方法であって、負にチャージアップした試料表面を中和するために、試料表面を均一に覆うようにガスを供給し、そのガス圧力が 0.01 ～ 0.1 Pa となるようにすることを特徴とする試料評価方法。

【請求項 8】 前記試料室内に導入するガスは、窒素、水蒸気、電子親和力の高いハロゲン系のガス、又はそれらの化合物のいずれかであることを特徴とする請求項 7 に記載の試料評価方法。

【請求項 9】 前記一次電子ビームの発生源以外の電子源を用意し、前記試料に該電子源からの電子線照射を行い、それにより試料表面を負のチャージアップとし、前記ガスによって該チャージアップを中和するようにした後、一次電子ビームによる試料表面の評価を行うことを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の試料評価方法。

【請求項 10】 請求項 7 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の試料評価方法を用いて、プロセス途中のウエハ評価を行うことを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子ビームを試料表面に照射することにより、試料表面の構造・電気的導通（電子ビームテスト）等の検査・観察・評価を行う電子ビーム装置、試料評価方法及びそれらを使用する半導体デバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、基板表面に電子ビームを照射してスキャンし、その基板から放出される二次電子を検出し、その検出結果からウエハ画像データを生成して、ウエハ上のダイの画像データを比較することによって欠陥を検出する SEM 方式の検査装置が知られている。また、一次電子ビームをウエハ表面に照射し、同ウエハ上の画像を二次レンズ系によって結像させる写像投影型の検査装置も知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

図 7 は、絶縁物に一次電子線を照射する場合の、一次電子線照射エネルギーと二次電子の放出効率 σ との関係を示す。照射電子エネルギーが約 50 eV 以上で 1500 ~ 2000 eV 以下の範囲では、二次電子放出効率 σ が 1 以上となり

、入射した一次電子よりも多くの二次電子が放出されるため、絶縁物表面は正にチャージアップ（帯電）されるが、照射電子エネルギーがその範囲の前後においては、 δ が 1 以下となり、絶縁物表面は負にチャージアップされる。

このようなチャージアップが大きくなると、二次電子から形成される観察、評価用画像に歪みが生じ、このため、例えば、デバイスウエハ上に形成された隣接ダイの画像比較によって欠陥検査を行う場合には、虚の欠陥を検出してしまう（虚報欠陥）などの問題があった。

【0004】

負へのチャージアップに対しては、キャピラリーチューブを用い、試料上の観察位置にガスを局所的に供給し、ガス分子の試料表面との衝突により、ガス分子が電子を付けてイオンとなることで試料表面の電荷を中和する方法が提案されている。しかし、広い面積にビームを照射する写像投影型の電子ビーム装置では、そのような方法は試料の全面に均一にガスを供給することは不可能であり適していない。

【0005】

また、正のチャージアップに対しては、W（タングステン）などの熱フィラメント型電子源によって試料に電子照射を行い、そのチャージアップを中和する方法も考えられるが、その場合、絶縁物が正帯電から電荷ゼロの状態に移行し、さらに負帯電に進行してしまいやすく、その制御は困難である。

【0006】

本発明は、前記問題点を解決するためのもので、試料全面に亘りチャージアップのない状態で表面の観察・評価及び欠陥検出を行えるようにした装置及び方法、並びにそれらを使った半導体デバイス製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、試料室内に配置された試料表面に一次電子ビームを照射し、試料表面からの二次電子ビームに基づき試料表面の観察・評価等を行う電子ビーム装置であって、試料表面全体を均一に覆うようにガスを供給する手段を有し、試料表面とガスとの接触により試料表面のチャージアップを低減することを特徴とする電

子ビーム装置を提供する。

【0008】

この電子ビーム装置では、均一に供給されるガスによって試料表面に生じているチャージアップを均一に低減することができる。具体的には、試料は試料室内に設定されたステージ上に載置するようにし、前記ガスを供給する手段が、試料室内で同試料を覆うカバーを備えるようにする。このカバーには少なくとも1つのガス導入口を設け、該ガス導入口を通して、カバーによって囲まれた試料上部空間にガスを供給し、それにより試料表面、好ましくは試料表面全体を当該ガスによって均一に覆い、チャージアップの低減を図る。

【0009】

更に具体的には、一次電子ビームを発生するための一次電子源とは、試料表面を電子照射する電子源を設ける。試料表面は、二次電子放射率によって、負若しくは正にチャージアップされるが、いずれの場合にも、先ず、前記電子源による電子照射により試料表面を負の帯電状態にしておき、これを前記ガスによって中和するようにすることができる。一次電子源とは別に設けられる前記電子源は、試料を2～4 keVの電子エネルギーで電子照射するものとし、また、カーボンナノチューブ型の冷陰極電子源とすることが好ましい。

【0010】

本発明は、更に、一次電子ビームを試料表面に照射して、同表面からの二次電子ビームに基き当該試料表面の観察・評価等を行う試料評価方法であって、負にチャージアップした試料表面を中和するために、試料の表面全体を均一に覆うようにガスを供給し、そのガス圧力が0.01～0.1 Paとなるようにする試料評価方法を提供する。このガス圧は、試料表面を適正に中和することができる。また、試料室内に導入するガスは、窒素、水蒸気、電子親和力の高いハロゲン系のガス、又は、それらの化合物のいずれかとすることが好ましい。更に、この方法では、一次電子ビームの発生源以外の電子源を用意し、試料に該電子源からの電子線照射を行い、それにより、試料表面を負のチャージアップとし、その上で、前記ガスによる中和を行った後、一次電子ビームによる試料表面の観察・評価等を行うようにすることもできる。

【0011】

本発明では更に、前記した如き電子ビーム装置や方法を用いて、プロセス途中のウエハ評価を行う半導体デバイス製造方法を提供する。この半導体デバイス製造方法では、試料表面に生じるチャージアップに影響されることなく、適正なウエハ評価を行いながら、従って、極めて効率良く、半導体デバイスの製造を行うことができる。

【0012】**【発明実施の形態】**

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明にかかる写像投影型電子ビーム装置を示す。この装置は、 $(X-Y-\theta)$ ステージ9を備え、このステージ上に試料（例えば、LSI製造途中の回路パターンが形成されている8～12インチのシリコンウエハ10）を載置するようになっている。この試料に対して、電子源1からの一次電子ビームが、アノード3、アパーチャ5、静電レンズ4、 $E \times B$ フィルタ等のビームスプリッター8等からなる一次電子光学系を介して照射される。この照射により発生される試料表面からの放出電子（二次電子）は、（二次電子光学系を構成する）写像光学系の静電レンズ11、12、13により、50～500倍に拡大されて検出器に結像される。

【0013】

検出器は、MCP14、蛍光板15、リレーレンズ16、TDI（Time Delayed Integration）17等から構成され、MCP14により検出電子の増倍がなされ、蛍光板15にて光信号に変換され、その2次元の光信号がリレーレンズ16によりTDI17に導かれて、画像として検出される。試料10は連続移動され、TDI17による2次元画像信号の高速取得が可能となる。このTDI17からの信号は画像処理18により、電子像形成及び欠陥検出、欠陥分類判別がなされ、製造工程管理にフィードバックされる。

【0014】

前述のように、このような電子ビーム装置においては、ウエハ等の試料から放出される二次電子の量が、試料に照射される一次電子よりも少ない場合（即ち、二次電子放出効率 δ が1以下の場合）、当該試料表面（特に絶縁材料部分）に負

のチャージアップが生じ、そのために二次電子から形成される観察、評価用画像に歪みが生じる虞がある。また、二次電子放出効率 δ が1以上の場合には、前記とは逆に、試料表面が正のチャージアップを受け、負のチャージアップの場合と同様な問題が生じる虞がある。

【0015】

本発明に係る電子ビーム装置では、そのようなチャージアップを解消するため、次のような手段を有する。即ち、負のチャージアップに対しては、図2に示す如く、ステージ上に載置された試料10全体を覆うように設けられたカバー23を設け、このカバーに形成したガス導入口19に、流量調整器20を介して窒素ボンベ21を接続するようにしている(図1)。試料表面全体の均一なチャージアップ解消という点では、カバー23内に窒素ガスをなるべく均一に導入することが重要であり、このため、ガス導入口19は、当該カバーの周囲に等間隔に複数個(好ましくは、直径約1mm程度のものを8個程度)設けられる。ガス導入口19を通してカバー内に導入された窒素ガスは、その窒素分子が前記試料10表面へ衝突することにより同表面の負帯電を中和する。ガスは窒素に限らず、水蒸気、電子親和力の高いハロゲン系のガス、又は、それらの化合物等を用いることができる。このようにして負に帯電した試料の電荷をゼロにした状態で、当該一次電子ビームによる試料の観察・評価等を行うことができる。

【0016】

二次電子放出率 δ が1以上で、試料が正にチャージアップされる場合に対しては、図1及び図2に示す如く、ステージ9の上方位置に(図2に示す例においてはカバー23の一部を構成するように)設定されたW(タングステン)フィラメントを有する熱電子源6が設けられている。即ち、この熱電子源6は、正にチャージアップされた試料表面に対して、熱電子を照射し、それにより、同試料表面の荷電状態を負にする。この熱電子だけによるチャージアップの中和は制御が困難であるが、前述の如く、ガスを導入すれば、熱電子源からのビーム照射量や時間に依存せず、試料表面の電荷を零の平衡状態とすることができ、チャージアップのない試料観察・評価が可能となる。

【0017】

【実施例 1】

試料室全体を 1.0×10^{-5} Pa 程度までターボ分子ポンプで排気を行った後、窒素ボンベ 21 から窒素ガスをレギュレータを介して 0.1 MPa 程度に減圧し、流量調節器 20 にて 5 sccm に調整した後、ガス導入孔 19 からカバー 23 内に窒素ガスの導入を行った。このガス導入によりカバー内圧力は 4.0×10^{-2} Pa に上昇したが、電子銃室や検出器などの動作環境が高真空であることが要求される容器は、差動排気機構により図 3 に示すような高真空を維持した。即ち、図 3 において、MC はカバー内のガス圧、EO は E×B 8 を含む電子光学系室内のガス圧、MCP は MCP 14、蛍光スクリーン 15 などの検出器を含む室内の圧力を示す。

【0018】

この圧力条件下において、W フィラメントを有する熱電子源 6 から入射エネルギーを 3 kV、電流密度 1.0×10^{-4} A/cm² の条件で、該電子源 6 直下の 20 mm× 20 mm のエリアにあらかじめ照射（約 1 秒）を行い、次に、約 3 秒間の窒素ガスによる中和作用の後、照射部位を一次電子ビーム照射（照射エネルギー 3 keV）位置に移動して上述の写像投影方式において観察・評価画像の取得を行った。熱電子源の電子照射で負帯電された絶縁物試料は、窒素ガスの中和作用により電荷 0 に近づき、平衡状態とされ、その結果、撮像された画像は、特に像高の高い周辺部や絶縁物の領域においてもチャージアップ及び画像歪みの無い良好な画像を得ることができた。また、該画像を用いたウエハの欠陥検査においても虚報率を大幅に低減することができた。

【0019】**【実施例 2】**

窒素ガスの導入量を多くすることにより、実施例 1 よりも高いガス圧 0.1 Pa 以上で、前記を実施した場合には、ガス分子と試料との間の接触が頻繁となり、試料上の電荷を奪って正帯電となり、また、低いガス圧 0.01 Pa 以下では、負帯電が進行してしまい、どちらの場合も歪みの無い良好な画像を得ることができなかった。

【0020】

【実施例 3】

窒素よりも電子親和力の強いハロゲン系のガスを導入して、前記プロセスを実施した場合には、平衡状態までの時間を短縮でき、ウエハなどの試料検査を行う場合、検査を高スループット化できることが分かった。

【0021】**【実施例 4】**

W（タングステン）などの熱フィラメントの熱電子源 6 の代わりにカーボンナノチューブ冷陰極源を用いて一次電子ビーム照射前の電子照射を行ったが、この場合は、熱フィラメントよりも、大きな試料領域に対し、均一な電流密度分布で照射を行うことができた。

【0022】

図 4 は、本発明に係る電子ビーム装置の別の実施形態、即ち、走査型電子ビーム方式の装置を示す。上述のごとき方法で、試料を平衡状態にした後、照射位置を走査電子ビーム直下に移動する。電子銃 31 から放出された電子がアノード 32 によって加速され、アパーチャ 35 と静電レンズ 34 を通過して、走査コイル 37 と静電レンズ 34 により、所要の倍率で試料表面の走査を行う。電子ビーム照射により放出された二次電子、後方散乱電子、又は、反射電子は、ホトマルなどの検出器 22 により検出され、2 次元画像等の取得が可能となる。この取得画像により、ダイバイダイあるいは画像データとデータ画像との比較等で欠陥等を行うことができる。

【0023】

本発明に係る電子ビーム装置を用いて半導体デバイス製造におけるウエハの検査を行う例を説明する。図 5 は、半導体デバイス製造方法の一例を示すフローチャートである。この例の製造工程は以下の各主工程を含む。

ウエハを製造する工程（又はウエハを準備する工程）

①露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程） 51

②ウエハに必要な加工処理を行うウエハプロセッシング工程 53

③ウエハ上に形成されたチップを 1 個ずつ切り出し、動作可能にしめるチ

ップ組立工程 54 でできたチップを検査するチップ検査工程 56。

【0024】

それぞれの工程はさらにいくつかのサブ工程から成る。これらの主工程の中で、半導体のデバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウエハプロセッシング工程 53 である。この工程では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウエハプロセッシング工程は以下の各工程を含む。

【0025】

①絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、あるいは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）64

②薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化工程

③薄膜層やウエハ基板等を選択的に加工するためのマスク（レチクル）を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィー工程 63

④レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）64

⑤イオン・不純物注入拡散工程 64

⑥レジスト剥離工程

⑦さらに加工されたウエハを検査する検査工程。

なお、ウエハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0026】

図6は、図5のウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。このリソグラフィー工程は以下の工程を含む。

①前段の工程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程 71

②レジストを露光する露光工程 72

③露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程 73

④現像されたレジストパターンを安定化させるためのアニール工程 74。

以上の半導体デバイス製造工程、ウエハプロセッシング工程、リソグラフィー

工程については、周知のものであり、これ以上の説明を要しないであろう。

【0027】

前記⑦の検査工程に本発明に係る欠陥検査方法、欠陥検査装置を用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループットよく検査ができるので、全数検査が可能となり、製品の歩留向上、欠陥製品の出荷防止が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施形態の写像投影型電子ビーム装置の概略配置図。

【図2】

図1の装置における試料及びそれを覆うカバーの断面図。

【図3】

電子ビーム装置の試料室内へ導入されるガス流量と、同装置の試料室を含む各室の圧力を示すグラフ。

【図4】

本発明の他の実施形態の電子ビーム装置（走査型電子ビーム装置）の概略配置図。

【図5】

本発明の実施形態の半導体デバイス製造方法を示すフローチャート。

【図6】

図5の半導体デバイス製造方法におけるウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィ工程を示すフローチャート。

【図7】

一次電子の照射エネルギーと二次電子放出効率との関係を示すグラフである。

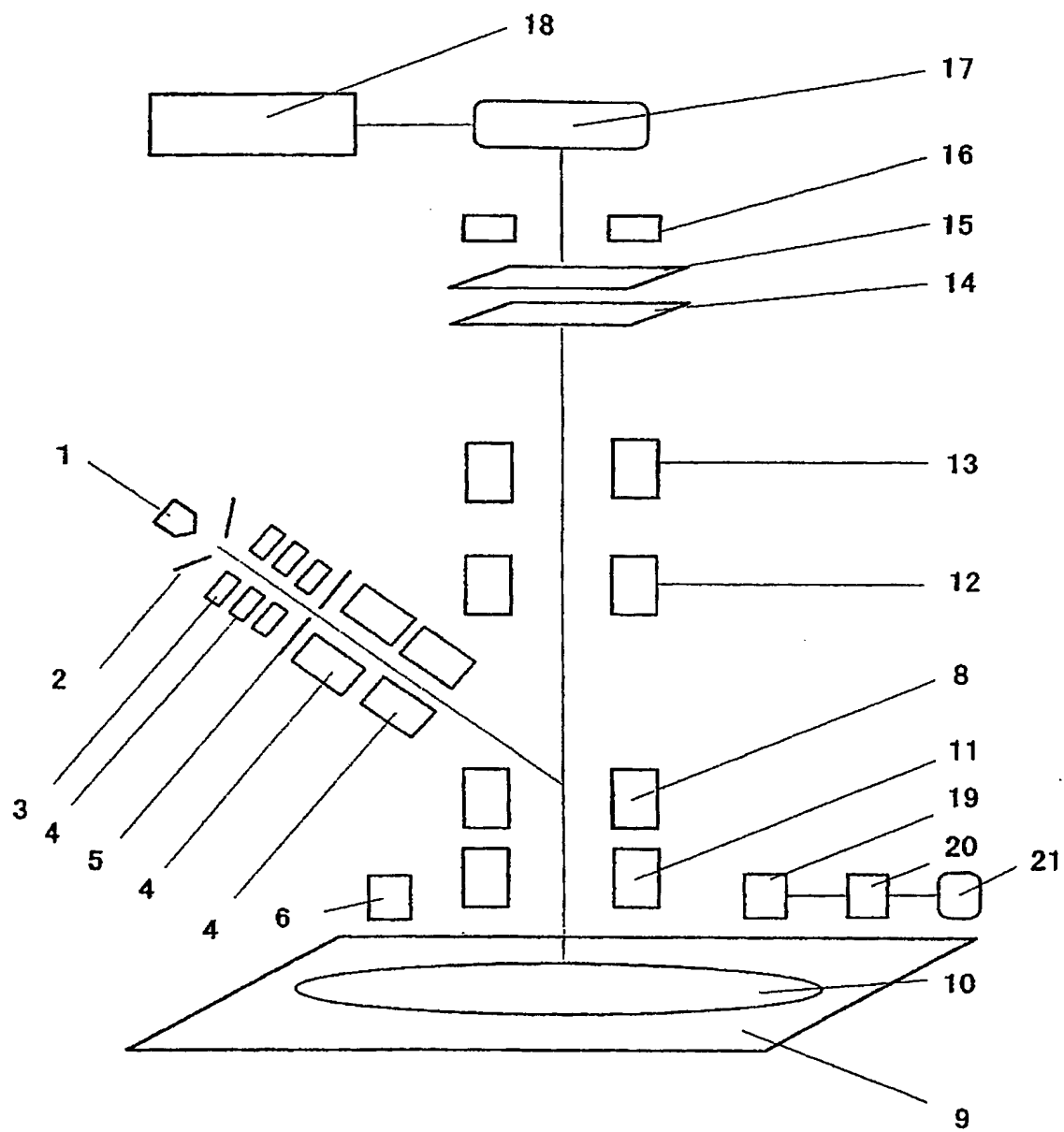
【符号の説明】

- 1：電子源
- 2：ウェーネルト電極
- 3：アノード（加速電極）
- 4：静電レンズ
- 5：アパーチャ又は正方形開口

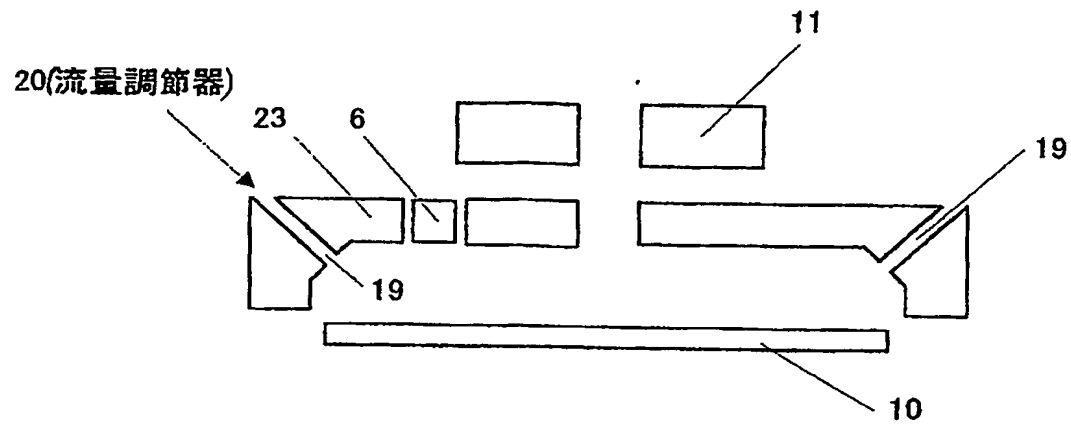
- 6 : 熱電子源
- 8 : E×B フィルタ
- 9 : X-Y- θ ステージ
- 10 : ウエハ又は試料
- 11 : 2次系1段静電 (CL) レンズ
- 12 : 2次系2段静電 (TL) レンズ
- 13 : 2次系3段静電 (PL) レンズ
- 14 : MCP (マイクロチャンネルプレート)
- 15 : 蛍光板
- 16 : リレーレンズ
- 17 : TDI
- 18 : 画像処理
- 19 : ガス導入孔
- 20 : 流量調節器
- 21 : ガスボンベ
- 23 : カバー

【書類名】 図面

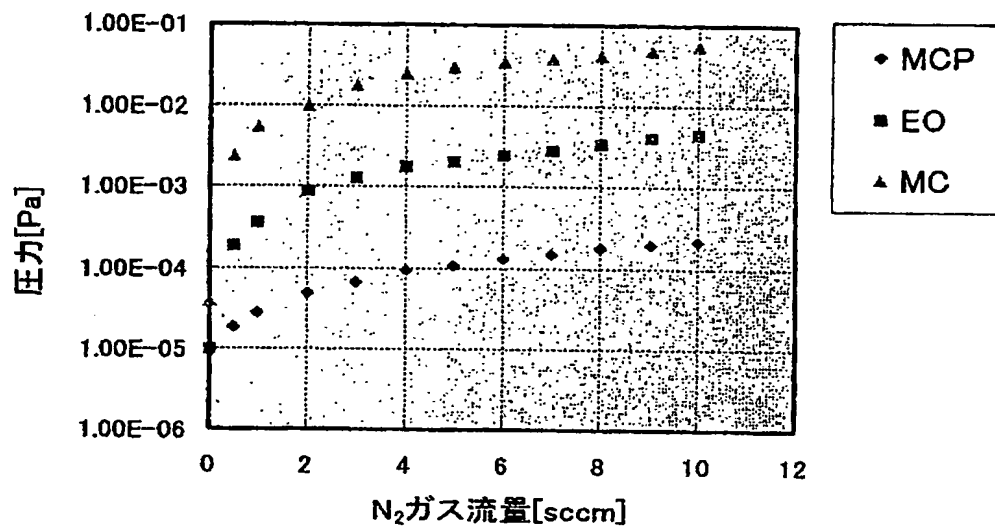
【図 1】



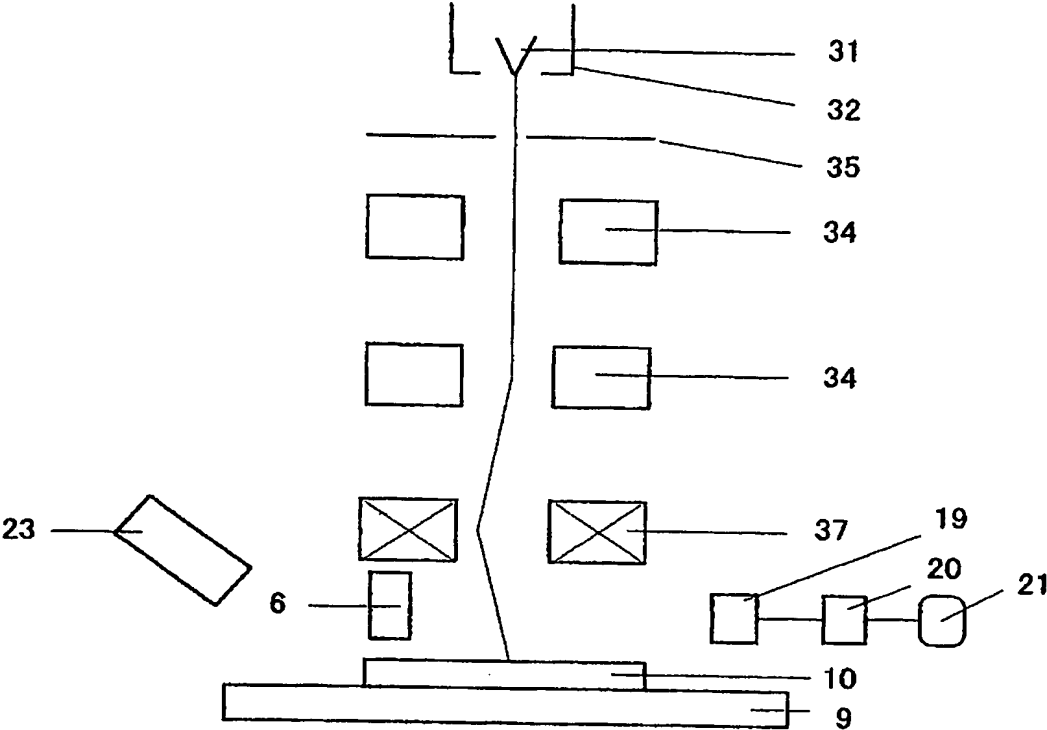
【図 2】



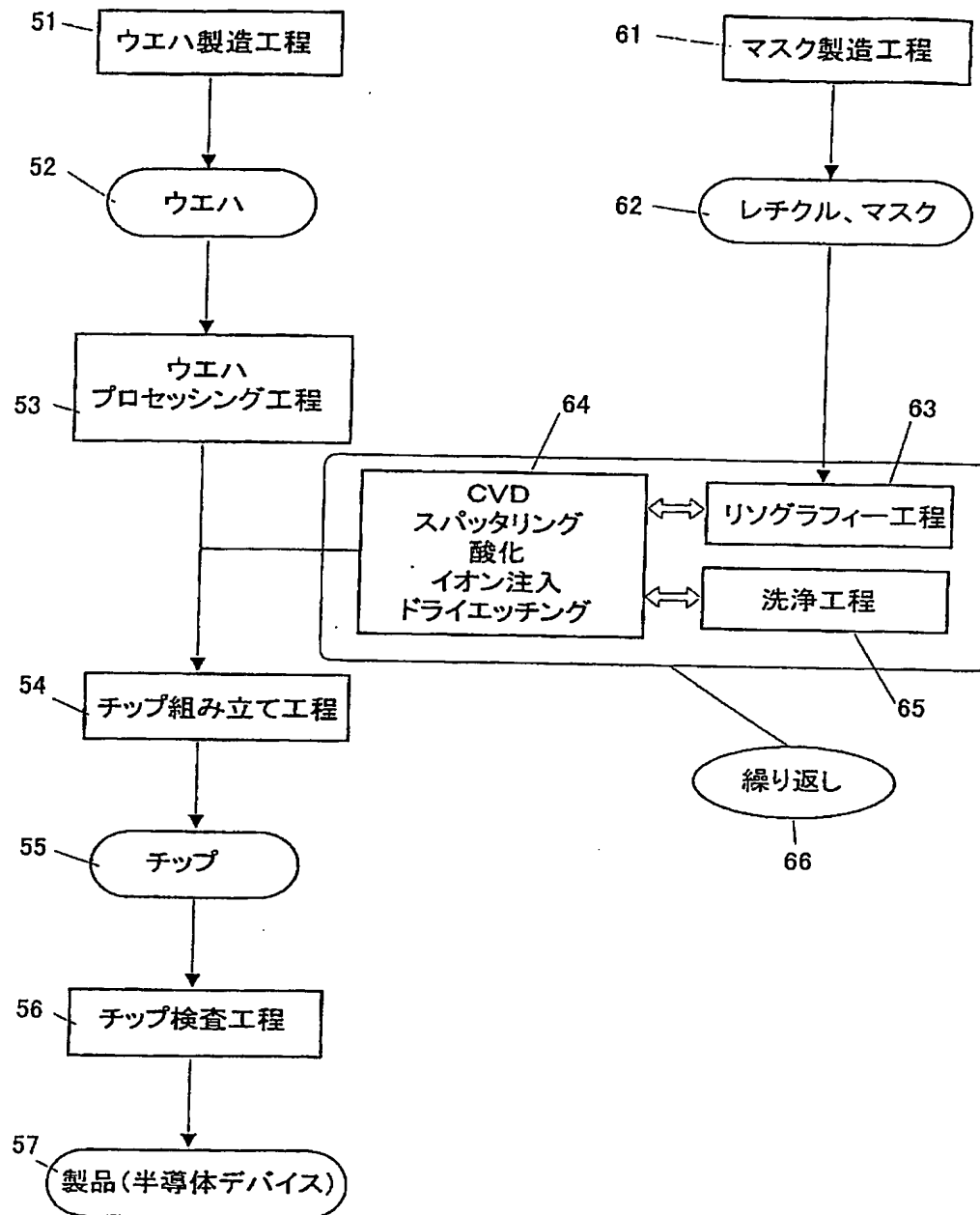
【図 3】



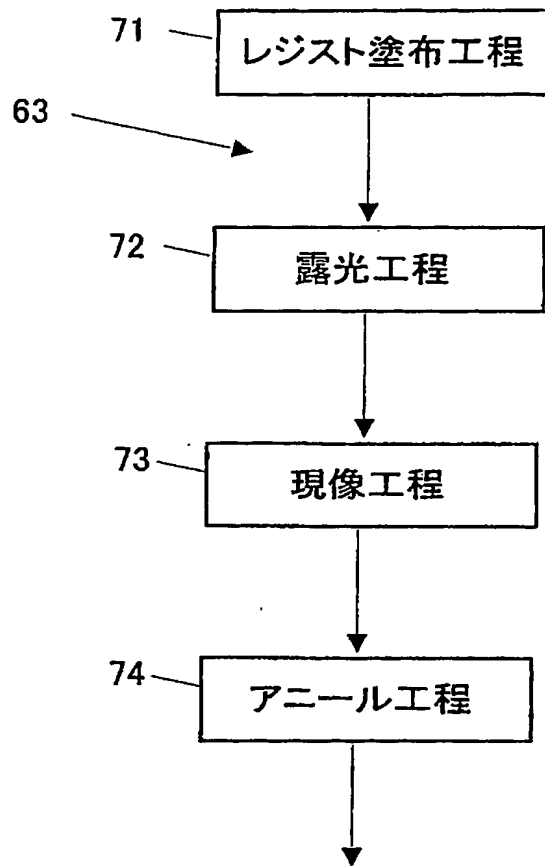
【図 4】



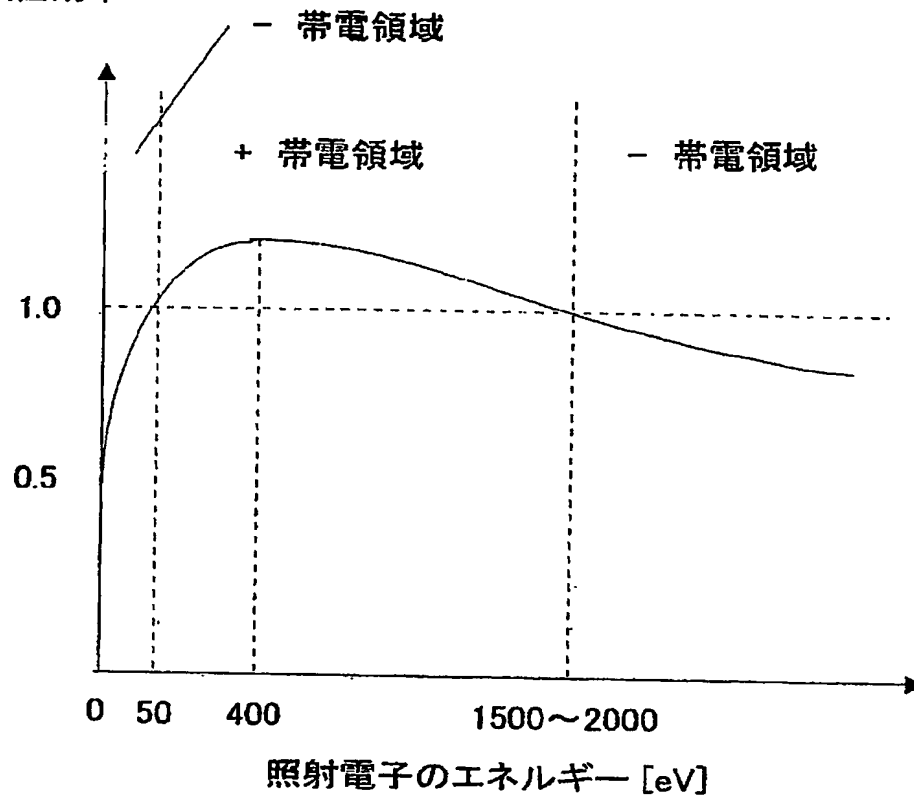
【図 5】



【図 6】



【図 7】

2次電子放出効率 σ 

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料表面に一次電子ビームを照射し、試料表面からの二次電子ビームに基き試料表面の評価等を行う場合に、一次電子ビーム照射によって試料表面に生じるチャージアップを解消する。

【解決手段】 試料10表面上方をカバー23で覆い、このカバーで覆われた試料表面上方空間にガスを均一に供給する。このガスは試料表面との接触により試料表面のチャージアップを低減する。一次電子ビームを発生するための一次電子源とは別に、試料表面を電子照射する電子源6を設け、この電子源6によって予め試料表面を負に帯電させておき、それをガスで中和するようにすることもできる。

【選択図】 図2

特願 2 0 0 3 - 0 2 0 1 2 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

氏 名

株式会社荏原製作所

特願 2 0 0 3 - 0 2 0 1 2 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

氏 名

株式会社東芝